

С.Д. Техов (6 курс, РФФ, каф. КЭ), В.А. Парфенов, доц.
**ИНТЕРФЕРАЦИОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ
ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА БАЗЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА**

В машиностроении, при использовании традиционных методов металлообработки, достаточная точность измерения расстояний составляет не более 10^{-4} . Интерес представляют, в первую очередь, поступательные относительные перемещения, связанные с движением резца или детали, в пределах десятка сантиметров. Естественно, что с уменьшением расстояний (L) абсолютная точность измерений возрастает и, к примеру, при $L=1\text{см}$ и относительной точности 10^{-4} величина ошибки составит менее 1 мкм, что превышает принятые в машиностроении требования к контролю допусков и посадок, а также используемых измерительных лимбов и настройки механических узлов станков. Изменение элементной базы приборостроения позволяет изменить технику измерений и предоставляет новые возможности пользователям.

Целью настоящей работы является оценка возможностей использования при проведении такого рода измерений интерференционных методик, широко распространенных в оптике для проведения измерений длины, а также разработка вопросов схемной реализации такого устройства.

Устройства, предназначенные для массового потребления, должны быть дешевыми, надежными, малогабаритными, легко заменяемыми и простыми в работе и настройке. По нашему мнению, таким требованиям отвечают одночастотные лазерные диоды, работающие в диапазоне 650 nm (еще видимый свет), мощностью 5...10 mW и предназначенные для работы в видео аппаратуре и принтерах.

Как показывает анализ их выходных характеристик, при температурной нестабильности длины волны выходного излучения $\sim 0.2\text{ nm/град}$ и обеспечении воспроизводства значения рабочей температуры корпуса диода в пределах $\pm 0.3\text{ }^\circ\text{C}$ можно обеспечить точность проводимых измерений (точность значения длины) не хуже 10^{-4} от измеряемого значения. Вместе с тем, интерференционная методика могла бы обеспечить счет долей длины волны и гарантировать более высокую точность измерений. Ошибка в измерениях связана в нашем случае со сложностью воспроизводства длины волны излучения без специального спектрометра. Его наличие необоснованно усложнит схему прибора.

Известно, что на точность измерений по интерференционной методике влияют колебания температуры воздуха, влажности, давления, а также направленные потоки воздуха, приводящие к изменениям показателя преломления среды в измеряемом плече. Заданная погрешность измерений позволяет не рассматривать эти факторы.

Длина когерентности определяет базу проводимых измерений. Причем высокий уровень когерентности должен поддерживаться лишь в период проведения измерения. В нашем случае эта величина, как следует из дальнейшего текста, не превосходит 20 мкс. Поэтому специальных мер по обеспечению кратковременной стабильности можно не предусматривать. База измерений порядка 50 см укладывается в уровень нестабильности частоты 10^{-6} .

Таким образом, даже первые оценки возможности проведения измерений на базе стандартного п/п лазера и предельного разноплечного интерферометра показывают, что диапазон допустимых для измерений перемещений составит около 25 см, что удовлетворяет подавляющему большинству практических задач. Большие, чем 25 см, перемещения могут быть измерены традиционными методами, либо при усовершенствовании обсуждаемой схемы.

Для регистрации направления перемещения предполагается использовать традиционную методику с введением четвертьволнового фазового сдвига для двух поляризаций и анализ сдвинутых по фазе на $\pi/4$ интерференционных картин.

Важным элементом предлагаемой схемы измерений служит модуляция интенсивности одного из интерферирующих лучей по гармоническому закону. Это может быть луч, проходящий, например, по неподвижному плечу интерферометра. Модуляция должна производиться акустооптическим модулятором с частотой $f_m = 500 \text{ kHz} \dots 1 \text{ MHz}$.

В результате, сигнал, соответствующий интерференционному члену, получается на частоте $f_m/2$. При такой частоте модуляции, он легко может быть выделен селективным усилителем, а затем подвергнут фазовому детектированию. Использование в последующей части схемы компараторов позволит перейти от аналоговых сигналов к цифровым уровням (0; +1) и временному анализу последовательности импульсов. В работе предложен вариант электронной схемы, позволяющей производить реверсивный счет интерференционных сигналов.

Выбор частоты модуляции порядка 1 MHz позволяет гарантировать измерение перемещений со скоростями не превышающими 10 см/сек, что, на наш взгляд, является достаточной величиной для решения предполагаемых задач. В противном случае, частота модуляции должна быть увеличена.

Поскольку АО-модулятор работает на одной частоте (модулируем "0"-порядок) он может быть сделан эффективным, малогабаритным и недорогим.

В докладе рассмотрены и другие элементы предлагаемой схемы измерений.

Рассматриваемый подход к организации измерений предоставляет большие возможности в случае реализации схемы. В частности, наличие сигнала, соответствующего реальным длинам, в цифровой форме наряду с высокой скоростью измерений позволяет организовать управление станком в автоматическом режиме. Сохраняет интерес и ручное управление с контролем расстояния описанным датчиком. Тем более, что им может быть оснащен имеющийся парк станков. Этот же прибор может быть и контрольным устройством при наладке и проверках работы станка.

Данная задача решалась в рамках студенческой научной работы и не связана с традиционной тематикой научной лаборатории, в которой она выполнялась. Поэтому разработка проекта на этом этапе велась без углубленного знакомства с реальным состоянием вопроса по научно-технической литературе. С учетом достигнутых положительных результатов работу над проектом предполагается продолжить как в плане знакомства с литературой, так и в плане создания конкретного прототипа устройства.